

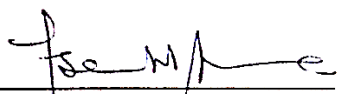
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL

A PRODUÇÃO MAIS LIMPA E SEU IMPACTO  
ECONÔMICO NA SOCIEDADE

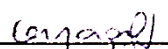
RODRIGO FERREIRA VELASCO

Trabalho submetido à Banca  
Examinadora como parte dos  
requisitos para Conclusão do  
Curso de Graduação em Engenharia  
Sanitária e Ambiental–  
TCC II

BANCA EXAMINADORA :

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Doutoranda Graciane Regina Pereira  
(Membro da Banca)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Maria Eliza Nagel Hassemer  
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)  
FEVEREIRO/2012

## A PRODUÇÃO MAIS LIMPA E SEU IMPACTO ECONÔMICO NA SOCIEDADE

**RESUMO** - O atual cenário econômico e social exige das empresas uma preocupação cada vez maior com os impactos ambientais gerados pelo seu processo produtivo. Desde o final da década de 1990, houve um aumento na percepção por parte dos gestores de que a poluição é uma ineficiência do processo produtivo, contrastando com a postura adotada até o final da década de 1980, com foco no tratamento da poluição gerada, ou anteriormente a década de 1970, de irresponsabilidade irrestrita sobre os impactos ambientais. Dentro deste contexto de prevenção da poluição, se enquadra o conceito de produção mais limpa.

Os benefícios de iniciativas desta natureza favorecem não só o setor industrial que as adota, mas toda a sociedade que se relaciona com suas atividades. Entretanto, ainda existem diversas barreiras que impedem uma maior adoção a programas de produção mais limpa no Brasil, e por isso é fundamental que sejam adotadas políticas públicas com o intuito de disseminar e incentivar técnicas com este objetivo.

Este trabalho consiste na elaboração de uma metodologia para quantificação econômica dos benefícios proporcionados por programas de produção mais limpa de primeiro, segundo e terceiro nível. Através da aplicação da metodologia a um estudo de caso referente a uma confecção têxtil de pequeno porte, e da multiplicação destes benefícios para a microrregião do município de Blumenau-SC, (região escolhida por ter uma grande concentração de indústrias nesse setor) o trabalho apresenta a economia que pode ser proporcionada a localidade com custos evitados de geração de energia e tratamento de resíduos sólidos, por exemplo.

Além disso, através da análise do ciclo de vida de produtos têxteis e dos Fatores de Intensidade de Material (metodologia desenvolvida pelo Instituto Wuppertal), é perceptível que os custos evitados podem ser ainda maiores, pois a diminuição do uso de matéria-prima proporciona uma redução da entrada no sistema de substâncias como água, aditivos químicos, tintas, combustíveis fósseis, e saídas como emissão de poluentes atmosféricos e efluentes líquidos.

Palavras chave: desenvolvimento sustentável, gestão ambiental, produção mais limpa

# Índice

1.	Introdução	4
1.1.	Justificativa	6
1.2.	Objetivos	6
2.	Revisão Bibliográfica	7
2.1.	Desenvolvimento Sustentável	7
2.2.	Responsabilidade socioambiental	8
2.3.	Gestão ambiental	9
2.4.	Produção mais limpa	12
2.5.	Análise do ciclo de vida	16
2.6.	Impactos ambientais	18
3.	Metodologia	22
4.	Resultados e Discussões	24
4.1.	Análise dos estudos de caso	24
4.2.	O ponto de vista da sociedade	26
4.3.	Abordagem quantificada dos programas de P+L	29
4.4.	Estudo de caso	33
4.5.	Aplicação da metodologia	35
4.6.	Análise do ciclo de vida da indústria têxtil	38
5.	Conclusão	40
6.	Considerações Finais	41
7.	Bibliografia	42
	ANEXO I – Inventário de ciclo de vida de produtos têxteis	49

## 1. Introdução

O desenvolvimento econômico mundial, acelerado a partir da segunda metade do século XX, trouxe consigo um aumento vertiginoso da produção industrial, e um maior uso dos recursos naturais na forma de matéria-prima e energia para alimentar essa produção. Porém, a maioria destes recursos naturais é finita, e a sua escassez é uma ameaça à manutenção do modelo de desenvolvimento que se tem atualmente.

Segundo Granjew *et al*, (2002, citado por LIMA, 2008, p.33) até a década de 1960 predominava a mentalidade de irresponsabilidade empresarial com relação aos impactos ambientais causados pelas atividades do setor, e a preocupação com os padrões de qualidade e emissão de resíduos no ambiente estava na fase inicial de desenvolvimento.

O país que primeiro percebeu a necessidade e urgência da intervenção do poder público sobre as questões ambientais foram os Estados Unidos, ainda na década de 1960. Paradoxalmente, o país considerado o paraíso do não intervencionismo foi quem primeiro promoveu a intervenção regulamentadora em meio ambiente. A “Avaliação dos Impactos Ambientais” (AIA) foi formalizada nos Estados Unidos em 1969 e rapidamente se difundiu internacionalmente. (GOLDEMBERG E BARBOSA, 2004).

Ainda segundo Granjew *et al*, a partir da década de 1970 ganham força os movimentos sociais ambientalistas, e um consequente aumento da pressão sobre o setor industrial para um maior controle da poluição. Entretanto, as ações tomadas eram estritamente reativas, em relação à adequação as normas governamentais, e uma forma de controle conhecida como “fim de tubo” (ou *end-of-pipe*). Segundo Mello *et al* (2002), tecnologias fim de tubo são aquelas utilizadas para o tratamento de resíduos, efluentes e emissões, muito utilizadas nas empresas, remediando os efeitos da produção depois que a poluição foi gerada. Neste conceito, encaixam-se sistemas de tratamento como os aterros sanitários e estações de tratamento de efluentes, por exemplo.

Já no final da década de 1980 e início da década de 1990, segundo Lima e Rutkowski (2009), revelou-se uma postura diferenciada do empresariado em relação às questões ambientais, com a percepção de que a poluição é considerada uma ineficiência do processo produtivo, desperdício de matéria-prima e energia. Tem-se uma oportunidade de economizar prevenindo a geração de poluentes com o desenvolvimento de técnicas que minimizem os custos ambientais e aperfeiçoem a produção. Estas técnicas são conhecidas como produção mais limpa (P+L).

A produção mais limpa, segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, é a aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos.

Também ao longo dos últimos anos, principalmente a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92, temas como desenvolvimento sustentável e responsabilidade socioambiental têm ganhado cada vez mais importância. O início de uma consciência ambiental por parte do mercado consumidor e pressão de grupos ambientalistas tem incentivado as empresas a realizarem investimentos crescentes em sistemas de tratamento e controle ambiental, para manterem uma boa imagem junto a seus clientes e demais partes interessadas no negócio. Aliado a isso, a legislação ambiental também tem se desenvolvido e está sendo cada vez mais aplicada pelos órgãos competentes.

Entretanto, apesar de todo o contexto apresentado, a adoção de programas de produção mais limpa ainda está longe de ser uma unanimidade no setor industrial. Diversas barreiras são encontradas como fatores inibidores para a implantação de programas de P+L, como a falta de conhecimento dos benefícios destes programas por parte dos gestores, a priorização da expansão da produção nos investimentos, falta de capacitação interna e a ausência de políticas públicas de incentivo a P+L, como citadas nos trabalhos de Figueiredo (2004) e Rossi (2009).

Segundo Rossi (2009), por meio da implantação de técnicas de P+L se consegue redução do consumo de recursos e redução de impacto na natureza, fatores fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Apesar de, diferentemente das técnicas de tratamento de fim-de-tubo, as técnicas de P+L terem como objetivo também o retorno econômico a quem as aplicam, as barreiras já citadas ainda impedem uma maior difusão do conceito.

Por isso, o objetivo geral deste trabalho é avaliar os benefícios econômicos da implantação de programas de produção mais limpa pelas indústrias, não se limitando apenas a analisar as entradas e saídas de caixa do setor produtivo, mas os ganhos por eles proporcionados a nível local e regional, nas esferas econômicas, ambientais e sociais.

Como finalidade principal, espera-se contribuir com a base de argumentação para o fomento de adoção de políticas públicas governa-

mentais de incentivo a estes programas, como regulamentações, incentivos fiscais e financeiros, e quaisquer outras formas de estímulo para diminuição da poluição gerada no setor industrial.

Segundo Bateman *et al* (1998, citado por REZENDE *et al*, 2011), obediência a legislação é um dos fatores que mais influenciam os gestores a adotar uma política corporativa benéfica para o meio ambiente, além de obter vantagens competitivas e a melhorar a imagem da empresa perante a opinião pública.

### **1.1. Justificativa**

Apesar da importância da implantação de programas de produção mais limpa na indústria para a preservação da qualidade ambiental, ainda não há no Brasil políticas públicas que promovam uma maior adesão a estas iniciativas por parte das empresas. Por isso, este trabalho busca mostrar os benefícios desta implantação, tanto para a indústria quanto para a sociedade, buscando assim incentivar a elaboração destas políticas.

Geralmente estes casos são analisados apenas pela ótica das empresas que os implantam, levando-se em conta apenas os gastos para a implantação do programa e o retorno financeiro a curto e médio prazo que este lhes proporcionará. A ideia aqui é mostrar que os programas de produção mais limpa são de interesse não só da indústria como de toda a sociedade que com ela interage, e devem ser incentivados majoritariamente por meio de políticas públicas, sejam por meio de legislação, financiamentos, abono de impostos ou qualquer outra medida que tenha o mesmo intuito.

### **1.2. Objetivos**

#### **a) Objetivo geral**

Avaliar os benefícios econômicos proporcionados pela adoção de programas de produção mais limpa pelo setor industrial, tanto do ponto de vista da indústria como da sociedade, para incentivar a adoção de políticas públicas que promovam uma maior adesão a tais programas.

#### **b) Objetivos específicos**

Propor metodologia de cálculo para avaliação econômica de programas de produção mais limpa;

Quantificar os ganhos econômicos que podem ser proporcionados pela adoção de programas de produção mais limpa, tanto do ponto de vista da indústria quanto da sociedade como um todo;

Fundamentar argumentos que possam incentivar a elaboração de políticas públicas para incentivo a programas de P+L.

## **2. Revisão Bibliográfica**

Para que se entenda a importância da adoção de programas de gestão ambiental e produção mais limpa na indústria, primeiramente serão relacionados os mesmos com conceitos amplamente aceitos pela sociedade como desenvolvimento sustentável e responsabilidade socio-ambiental.

### **2.1. Desenvolvimento Sustentável**

Segundo conceito adotado pela Organização das Nações Unidas (1987), no relatório intitulado *Our Common Future*, também conhecido como Relatório Brundtland, desenvolvimento sustentável é aquele que vai de encontro às necessidades do presente, sem comprometer as futuras gerações. O termo “necessidades” aqui adotado diz respeito às necessidades básicas da maioria das pessoas, como alimentação, emprego e vestimentas, e deve estender a todos a possibilidade de poder ter uma vida melhor.

Esta sentença traz dois conceitos chave, que são o conceito de necessidades, para as quais devem ser dada prioridade às necessidades básicas dos seres humanos acima de qualquer outra, e a ideia de limitação imposta pelo estado para a tecnologia e a organização da sociedade, para preservar e dar condições similares de qualidade de vida para as gerações presentes e futuras.

O conceito de desenvolvimento sustentável descrito acima é aceito pela maioria dos autores que escrevem sobre o tema, e realmente traduz na essência o que se procura atualmente. No setor industrial, deve-se procurar conciliar o aumento da produção, para fornecer os bens demandados pela sociedade de consumo, com o baixo impacto ambiental, para que esta própria produção seja sustentável em longo prazo, sem que se sofra o risco de falta de recursos naturais que alimentam o metabolismo industrial.

Segundo Barbosa (2008), o conceito de desenvolvimento sustentável foi firmado dentre diversos países do mundo na Agenda 21, docu-

mento desenvolvido na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como “Rio 92”, e incorporado em outras agendas mundiais de desenvolvimento e de direitos humanos. Ainda segundo o mesmo autor, um ponto importante trazido nesta ideia é a definição de três princípios básicos para este desenvolvimento, que é o desenvolvimento econômico, equidade social e proteção ambiental.

Baroni (1992) levanta a questão da ambiguidade e deficiências trazidas quando se discursa sobre desenvolvimento sustentável. Segundo ela, a palavra “sustentável” leva a interpretações contraditórias, pois nada físico pode crescer indefinidamente, e primeiramente deve ser buscada a definição real de sustentabilidade, para a qual não teríamos desenvolvimento tecnológico no momento. Deve-se definir até que ponto será buscado a melhoria da qualidade de vida humana, e analisada a capacidade suporte dos ecossistemas.

Segundo Canepa (2007, citada por BARBOSA, 2008, p.6) “o desenvolvimento sustentável caracteriza-se, portanto, não como um estado fixo de harmonia, mas sim como um processo de mudanças, no qual se compatibiliza a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais com o presente e o futuro.”

Assim, o conceito de desenvolvimento sustentável fomenta a discussão de preservação do meio ambiente para que as gerações futuras desfrutem das mesmas oportunidades que as gerações presentes têm. Neste campo, o setor industrial deve se preocupar com os impactos ambientais, sociais e econômicos gerados pelas suas atividades, e nesse contexto surge à responsabilidade socioambiental corporativa.

## **2.2. Responsabilidade socioambiental**

Segundo Rosa *et al* (2009), com a percepção de mudanças no ambiente global, como a escassez de recursos naturais, começou a surgir uma maior preocupação com a questão ambiental, que vai de encontro ao crescimento desenfreado das cidades e das indústrias. Esses paradigmas fazem com que as pessoas mudem sua maneira de agir e pensar, assim como as empresas, adotando novas formas de conduta.

Ainda no mesmo trabalho, a responsabilidade social empresarial é definida como “o relacionamento ético da empresa com todos os grupos de interesse que influenciam ou são impactados pelos stakeholders. Este relacionamento das empresas com os *stakeholders* e o meio ambiente deve estar de acordo com seus valores, políticas, cultura e estratégias. Na medida em que a empresa está inserida na sociedade, pode-se



observar uma relação de interdependência entre ambas, uma sinergia que pode ser qualificada como responsabilidade social da empresa.”

Apesar de ainda não influenciar diretamente na decisão de compra do consumidor, ao menos aqui no Brasil (PEREIRA, 2004), empresas com práticas de responsabilidade socioambiental são bem vistas no mercado. Para Ashley (2002, citado por VOLPON, 2007), “a responsabilidade social pode ser definida como o compromisso que uma organização deve ter para com a sociedade, expresso por meio de atos e atitudes que a afetem positivamente, (...), agindo pró-ativamente e coerentemente no que tange a seu papel específico na sociedade e a sua prestação de contas para com ela. A organização (...) assume obrigações de caráter moral, além das estabelecidas em lei, mesmo que não diretamente vinculadas a suas atividades, mas que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável dos povos.”

Segundo Calixto (2008), “embora seja um tema presente e bastante discutido na literatura, há muitas divergências no que diz respeito ao aspecto formal, definição e também aceitação por alguns segmentos de negócios, como o que deveria ser e qual a aplicação do conjunto de variáveis que envolvem a responsabilidade socioambiental das empresas”.

Por isso, o que se sabe é que por diversos fatores, como transparência e vantagem competitiva, a responsabilidade social é um tema de extrema importância para empresas que querem agregar valor a sua imagem corporativa, e pela importância dada ao desenvolvimento sustentável e a questão ambiental na nossa sociedade é indispensável que as mesmas busquem causar o menor impacto possível no meio ambiente.

### **2.3. Gestão ambiental**

Como forma de materializar ações de responsabilidade socioambiental corporativas, muitas empresas adotam estratégias de gestão ambiental. Segundo a NBR ISO 14004 (1996), “atingir um desempenho ambiental adequado requer o comprometimento da organização com uma abordagem sistemática e com a melhoria contínua do seu sistema de gestão ambiental (SGA)”.

Ainda segundo a mesma instrução normativa, “a gestão ambiental é parte integrante do sistema de gestão global de uma organização. A concepção de um SGA é um processo dinâmico e interativo. A estrutura, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para a implementação de políticas, objetivos e metas ambientais podem ser

coordenados com os esforços existentes em outras áreas (por exemplo: operações, finanças, qualidade, saúde ocupacional e segurança no trabalho). Os princípios essenciais para orientar os responsáveis pela implementação ou aprimoramento de um sistema de gestão ambiental incluem, mas não se limitam a:

- Reconhecer que a gestão ambiental se encontra entre as mais altas prioridades da organização;
- Estabelecer e manter comunicação com as partes interessadas internas e externas;
- Determinar os requisitos legais aplicáveis e os aspectos ambientais associados às atividades, produtos ou serviços da organização;
- Desenvolver o comprometimento da administração e dos empregados no sentido da proteção ao meio ambiente com uma clara definição de responsabilidades e responsáveis;
- Estimular o planejamento ambiental ao longo do ciclo de vida do produto ou do processo;
- Estabelecer um processo que permita atingir os níveis de desempenho visados;
- Prover recursos apropriados e suficientes, incluindo treinamento para atingir os níveis de desempenho visados, de forma contínua;
- Avaliar o desempenho ambiental com relação à política, objetivos e metas ambientais da organização, buscando aprimoramentos, onde apropriado;
- Estabelecer um processo de gestão para auditar e analisar criticamente o SGA e para identificar oportunidades de melhoria do sistema e do desempenho ambiental resultante;
- Estimular prestadores de serviços e fornecedores a estabelecer um SGA.”

Segundo Silva Filho e Sicsú (2003), “a Gestão Ambiental propõe a elevação do potencial competitivo junto à preocupação com o meio ambiente, satisfazendo o interesse essencial dos empregadores (lucratividade) em paralelo à proteção ambiental, da qual é de interesse da sociedade geral.” Já Soares (2010) define gestão ambiental como “a forma pela qual a organização se mobiliza, interna e externamente, para a conquista da qualidade ambiental desejada. Ela consiste em um conjunto de medidas que visam ter controle sobre o impacto ambiental de uma atividade”.

Então, nota-se que a adoção de uma SGA é uma tarefa que exige comprometimento de toda a organização, pois envolve não só a área ambiental. Outro ponto importante é o compromisso com a melhoria

contínua, como o aprimoramento constante do SGA de acordo com a política ambiental da organização.

Segundo a NBR ISO 14001 (2004), um sistema de gestão ambiental deve se basear na metodologia PDCA, com o estabelecimento de uma política ambiental por parte da organização, planejamento dos processos para que se atinjam os objetivos ambientais, implementação e operação dos processos planejados, verificação e monitoramento dos processos implantados, e ações corretivas após análise pela alta administração do alinhamento com a política ambiental dos processos implantados.

O Ciclo PDCA tem como objetivo exercer o controle dos processos, podendo ser usado de forma contínua para seu gerenciamento em uma organização, por meio do estabelecimento de uma diretriz de controle (planejamento da qualidade), do monitoramento do nível de controle a partir de padrões e da manutenção da diretriz atualizada, resguardando as necessidades do público alvo. (...) Como pode ser observado na própria nomenclatura, o ciclo pode ser dividido em quatro fases, que são: Plan, Do, Check e Act. (PACHECO, 2005)

Hoje, a NBR ISO 14.001 (2004) é referência para organizações que desejam implementar um SGA. Nela estão descritos alguns requisitos para o sistema, como envolvimento da alta administração na definição da política ambiental, documentação e atualização constante de informações sobre os aspectos ambientais da empresa, consideração com os requisitos legais aplicáveis ao empreendimento, treinamento e conscientização do pessoal, e comunicação interna para todos os níveis hierárquicos. A empresa também deve agir para resolver possíveis não conformidades, com ações corretivas e preventivas.

Ainda segundo Silva Filho e Sicsú (2003), existem diversos benefícios advindos da implantação de um SGA, que são:

- Redução de custos, procedente da redução do consumo dos recursos naturais e dos resíduos gerados, com a consequente diminuição dos gastos com tratamento, armazenagem, disposição dos mesmos;
- Possibilidade de conquista de mercados internacionais, por adequar-se a normas de exigência comercial;
- Cumprimento às exigências das legislações ambientais vigentes;
- Melhoria da imagem da empresa pela implantação de um modelo de administração responsável;

- Facilidade de obtenção de financiamento junto às agências financiadoras da qual estabelecem a necessidade de certificação ambiental.

Por isso, de acordo com o que foi exposto, uma das ferramentas mais utilizadas de gestão ambiental é a produção mais limpa, que atua diretamente na prevenção das não conformidades ambientais.

## **2.4. Produção mais limpa**

Segundo a UNEP (*United Nations Environmental Program*, ou Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), a produção mais limpa (P+L) é a aplicação contínua de uma estratégia integrada e preventiva a processos, produtos e serviços para que se atinjam benefícios econômicos, sociais, ambientais, de saúde e segurança.

Para incentivar, disseminar informações e dar apoio técnico a implantação de tecnologias limpas na indústria, foi criado no Brasil em 1995 o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), ligado ao SENAI-RS, em Porto Alegre. Este centro faz parte de uma iniciativa da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), para que se instalassem vários Centros de Produção mais Limpa em países em desenvolvimento, os quais formam uma rede de informação em P+L.

Segundo Rensi e Schenini (2005), a produção mais limpa proporciona a geração de ganhos financeiros através da melhor utilização de matérias-primas, água, energia e da não geração de resíduos. Pode aumentar a competitividade através da redução de custos de produção e melhorar o bem-estar da comunidade local e global.

Segundo Silva Filho *et al* (2007), a P+L, diferentemente da postura de tratamento fim-de-tubo, tenta prevenir o aparecimento do problema ambiental ao invés de apenas solucionar o problema já existente. Ela se orienta na prevenção da poluição na fonte, enquanto aquela é direcionada ao tratamento dos resíduos ou emissões já gerados no processo.

A abordagem convencional, ou técnicas de tratamento fim-de-tubo, é simplista e acaba gerando aumento nos custos associados ao gerenciamento ambiental. Neste caso, as primeiras ações tomadas são geralmente a disposição de resíduos e seu tratamento, representando um potencial menor para resolução do problema ambiental. Dentre estes custos, temos o licenciamento ambiental, tratamento de efluentes, resíduos e emissões atmosféricas, monitoramento da qualidade ambiental

(CNTL, 2003). Na figura a 1, pode-se ver a diferença entre a abordagem convencional e a produção mais limpa:

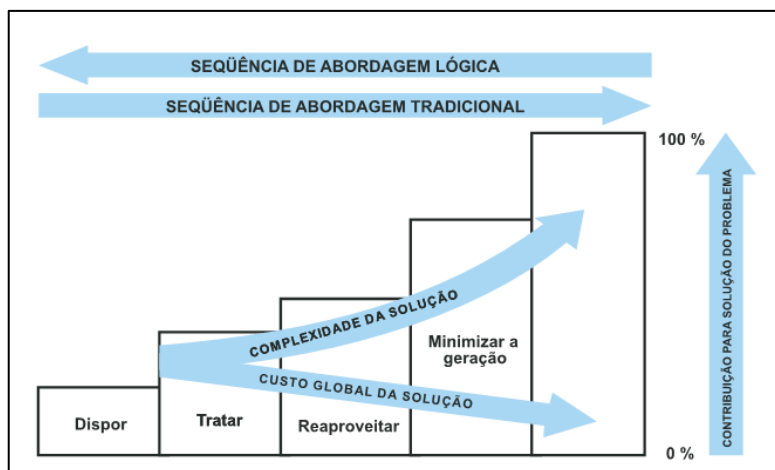


Figura 1 – Formas de priorização da nova e velha abordagem ambiental  
(Fonte: CNTL)

A ordem de ação da atuação de P+L se dá em três níveis, que são:

- Nível 1: a redução na fonte (eliminação ou não geração de resíduos) com alterações no produto ou no processo produtivo, através de modificações tecnológicas, na matéria-prima utilizada ou boas práticas de fabricação (*housekeeping*);
- Nível 2: reciclagem interna dos resíduos gerados no processo; com a reintegração dos mesmos na produção;
- Nível 3: reciclagem externa, com reuso dos resíduos fora do processo produtivo da empresa.

Estes níveis podem ser mais bem ilustrados na figura 2.

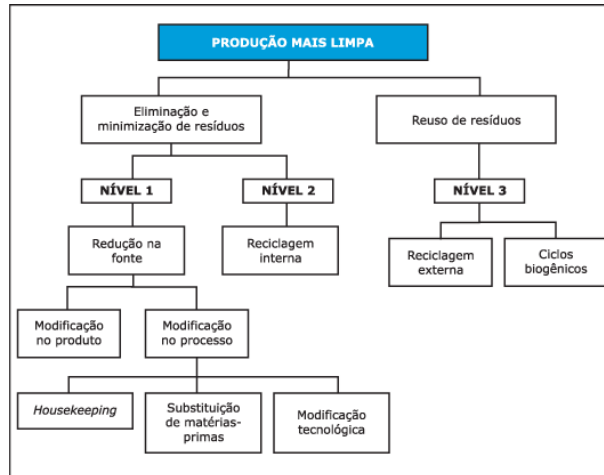


Figura 2 – Níveis de implantação de P+L (Fonte: CNTL)

Também segundo a CNTL (2003), a implantação de um programa de P+L segue uma sequência de cinco etapas, que são:

1) Planejamento:

Nesta primeira etapa há o comprometimento da alta direção da organização com o programa a ser implantado. Geralmente, assim como na implantação de um SGA, há uma declaração de princípios na qual a empresa se compromete, definindo a sua política ambiental. Também é neste momento que há a formação da equipe que será responsável pelo projeto, a definição da abrangência e identificação de barreiras e soluções nas áreas onde a implantação é possível;

2) Diagnóstico:

Após o planejamento, é feita a pré-avaliação e diagnóstico do processo, para que se saiba em que etapas o programa poderá atuar. Após conhecimento detalhado do fluxograma do processo, é feito um diagnóstico ambiental da empresa, com avaliação das entradas e saídas de material durante o processo, e estabelecimento do foco do P+L;

3) Avaliação:

Com a definição do foco, é feita uma avaliação mais detalhada de dados para que sejam identificadas as opções de programas de P+L que podem ser implantados. Assim, é feita uma seleção prévia das melhores alternativas possíveis;

4) Análise de viabilidade:

Para que se avaliem as alternativas de programas a serem implantados, é feita uma análise técnica, econômica e ambiental das mesmas.

Esta análise deve sempre dar prioridade as ações de primeiro nível de produção mais limpa, posteriormente as de segundo nível e por último as de terceiro nível, prezando pela prevenção da poluição.

A avaliação econômica deve levar em conta os investimentos necessários, diferença de custos operacionais entre os processos e economia em relação a encargos ambientais. Já a avaliação técnica considera o impacto sobre o processo com a mudança proposta, capacitação de pessoal para implantação e operação do novo processo e práticas de outras empresas em situações semelhantes;

5) Implementação e monitoramento:

Com a definição das opções viáveis, é traçado um plano de ação para implementação do programa, detalhando-se as especificações do projeto e capacitação do pessoal responsável por tal. Após ser colocado em funcionamento, deve ser estabelecido um plano de continuidade, para que o mesmo possa ser sempre mantido e melhorado, além de ações de monitoramento para controle do desempenho.

Silva Filho *et al* (2007) também traz em seu trabalho algumas vantagens da implantação destes programas, citando que “a P+L, como uma ferramenta que prima pela melhora da conduta ambiental das organizações, também pode proporcionar redução de custos de produção e aumento de eficiência e competitividade; redução de multas e penalidades por poluição; acesso facilitado a linhas de financiamento; melhoria das condições de saúde e de segurança do trabalhador; melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores e poder público; melhor relacionamento com os órgãos ambientais e com a comunidade; maior satisfação dos clientes.”

Atualmente, alguns autores sugerem a substituição do termo “produção mais limpa” por “produção e consumo sustentável”. O termo produção e consumo sustentável (PCS), que é considerado mais amplo, segundo conceito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), é a incorporação, ao longo de todo o ciclo de vida de bens e serviços das melhores alternativas possíveis para minimizar custos ambientais e sociais, aumentando a competitividade das empresas e reduzindo o risco para saúde humana e meio ambiente. Entretanto, este trabalho será baseado na definição de P+L, por melhor transmitir a área específica que está sendo estudada.

Portanto, sob o ponto de vista econômico, a produção mais limpa é uma ferramenta que não traz só custos na sua implementação para as empresa que por ela optam, mas também proporciona uma economia em relação a um menor desperdício de matéria-prima no processo, uso mais

eficiente de energia e menor custo para tratamento e disposição final de resíduos sólidos ou efluentes líquidos gerados. Sob o ponto de vista ambiental, a produção mais limpa também leva vantagem em relação às tecnologias fim-de-tubo, por prezar por uma menor geração de emissões e resíduos, evitando ou prevenindo a poluição de ocorrer na própria fonte, e não a tratando depois de gerada.

Entretanto, ainda existem algumas barreiras que inibem uma maior adesão aos programas de P+L. Segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), Figueiredo (2004) e Rossi (2009), são elas:

- carência de regulação ambiental ou incentivo por parte de órgãos públicos;
- concepção errônea do objetivo do programa;
- baixa sensibilidade ambiental por parte da alta direção da empresa;
- falta de capacidade técnica e ecológica;
- necessidade de recursos para investimento inicial;
- falta de informações a respeito de programas de produção mais limpa;
- pequena pressão por pública por ecoeficiência, dentre outros.

Esta mudança de paradigma é muito importante, pois como citado pelo CEBDS, “os programas de P+L oferecem oportunidades para uma relação ambiental do tipo “ganha-ganha”, onde a melhoria ambiental pode andar junto com os benefícios econômicos, gerando um verdadeiro círculo virtuoso.”

Existe ainda um conceito mais restritivo, conhecido como “Produção Limpa”. Segundo Mello *et al* (2002), a produção limpa é um conceito que leva em conta uma avaliação sustentável do processo como um todo, não focando apenas na redução da utilização de matéria-prima ou impactos ambientais gerados pela atividade. Implica em adaptações no processo de forma que o mesmo evite utilizar insumos agressivos ao meio ambiente, como energias renováveis, prevenção de geração de resíduos e emissões tóxicas, matérias-primas renováveis e produtos com maior vida útil, reutilizável, com embalagem mínima e de fácil desmonte.

## **2.5. Análise do ciclo de vida**

Um tema fundamental para que se possam quantificar os benefícios que programas de P+L podem trazer para o meio que se relaciona



direta ou indiretamente com a área de abrangência da indústria é a análise do ciclo de vida.

Segundo a NBR ISO 14.040, de 2001, a ACV (análise do ciclo de vida) é uma compilação e avaliação das entradas, saídas e impactos ambientais associados a um produto em todo o seu ciclo de vida. Já o ciclo de vida é definido como sucessivos estágios de um sistema do produto, desde a aquisição da sua matéria-prima até a disposição final (abordagem conhecida como “do berço ao túmulo”). Na figura 3 pode-se ver as fases de desenvolvimento de uma análise de ciclo de vida.

Para avaliar aspectos e impactos ambientais associados a um produto, a ACV consiste em:

- Compilação de um inventário com entradas e saídas de um sistema;
- Avaliação dos impactos ambientais associados a estas entradas e saídas;
- Interpretação dos resultados obtidos de acordo com o objetivo inicial do estudo.

Além disso, a ACV pode ajudar em diversos pontos, tais como:

- Identificação de oportunidades de melhoria dos aspectos ambientais do produto em vários pontos do seu ciclo de vida.
- Na tomada de decisão de diversos *stakeholders* do processo, como a indústria e o governo;
- No marketing ambiental.

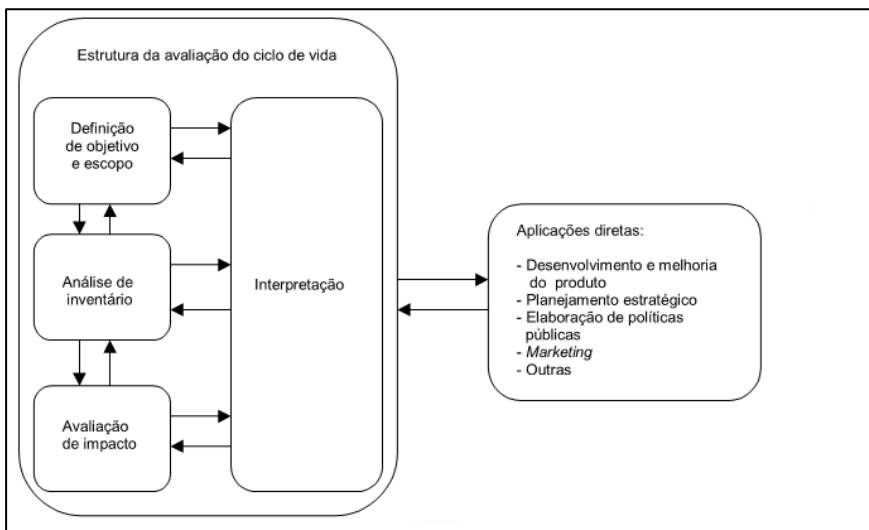


Figura 3 – Fases de uma ACV (Fonte: NBR ISO 14.040)

Já segundo Path *et al* (1999), ACV é um método de análise que permite identificar, avaliar e minimizar os impactos sobre o meio ambiente de um processo específico. São utilizados balanços de energia e de massa para quantificar emissões, consumo de recursos naturais e uso de energia em todo o ciclo de vida do produto.

Existem algumas limitações no estudo de ACV. Ferreira (2004) cita que este tipo de estudo geralmente consome muitos recursos e leva muito tempo para ser concluído, devendo-se limitar no início o escopo e objetivos do estudo. Além disso, o estudo não determina qual produto ou processo é mais caro ou funciona melhor, por isso deve ser utilizado de forma complementar a outros estudos no processo de decisão, que levam em conta custo e desempenho.

## 2.6. Impactos ambientais

Para que se saiba quanto vale deixar de produzir impactos ambientais sobre o meio, é importante definir o que são impactos ambientais e como estes podem ser mensurados.

Segundo definição da norma NBR ISO 14.001 (2004), impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte dos aspectos ambientais da organização. Já os aspectos

ambientais são elementos ou atividades de produtos ou serviços que interagem com o meio ambiente.

Sachs (1993, citado por HENKELS, 2002), define impacto ambiental como a alteração da qualidade ambiental em que ocorre modificação no meio ambiente pela ação humana.

Segundo Lucena (1999), o estudo de impactos ambientais está cada vez mais em evidência. Vários empreendimentos de grande porte têm obrigatoriamente de incluir em seu processo de planejamento uma avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implantação dos mesmos. Porém, a identificação e avaliação de tais impactos requerem uma coleta e manipulação de dados muito grande, além de ser necessário à comunicação dos resultados aos tomadores de decisão, que muitas vezes não são especialistas em questões ambientais. Pode-se perceber que a avaliação deste tipo de impacto pode ser onerosa e complexa. Entretanto, estudos realizados pela Comunidade Europeia constataram que os custos em prevenção são inferiores aos custos decorrentes da contaminação e degradação do meio ambiente.

Para que a tomada de decisão seja mais embasada, deve ser feita uma quantificação de possíveis impactos a serem gerados para o meio ambiente, a fim de que os gestores tenham insumos mais sólidos para realizarem investimentos no setor, relacionando custo e benefício. Para servir de suporte a mensuração econômica, a definição de indicadores ambientais é uma medida importante.

Braga *et al* (2004) relata que data do final da década de 1980 o surgimento de propostas de construção de indicadores ambientais. Tais propostas possuíam em comum o objetivo de fornecer subsídios à formulação de políticas nacionais e acordos internacionais, bem como à tomada de decisão por atores públicos e privados. Também buscavam descrever a interação entre a atividade antrópica e o meio ambiente e conferir ao conceito de sustentabilidade maior concretude e funcionalidade. As tentativas de construção de indicadores ambientais e de sustentabilidade seguem três vertentes principais. A primeira delas, de vertente biocêntrica, consiste principalmente na busca por indicadores biológicos, físico-químicos ou energéticos de equilíbrio ecológico de ecossistemas. A segunda, de vertente econômica, consiste em avaliações monetárias do capital natural e do uso de recursos naturais. Já a terceira vertente busca construir indicadores de sustentabilidade e qualidade ambiental que combinem aspectos do ecossistema natural a aspectos do sistema econômico e da qualidade de vida humana; em alguns casos, tam-

bém são levados em consideração aspectos dos sistemas político, cultural e institucional.

Motta (1997) diz que embora o uso de recursos ambientais não tenha seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe na medida em que seu uso altera o nível de produção e consumo (bem-estar) da sociedade. As restrições orçamentárias impõe à sociedade a necessidade de definir prioridades de investimento, baseados nos recursos ambientais nos quais se deve centralizar esforços, e quais métodos devem ser utilizados. As principais proposições sobre critérios econômicos adotados para gerenciamento dos recursos naturais são:

a) **Análise Custo-Benefício (ACB):** é a técnica econômica mais utilizada para a determinação de prioridades. Seu objetivo é comparar custos e benefícios associados aos impactos das estratégias alternativas de políticas em termos de seus valores monetários. Os benefícios são aqueles bens e serviços ecológicos, cuja conservação acarretará na recuperação ou manutenção destes para a sociedade, impactando positivamente o bem-estar das pessoas. Por outro lado, os custos representam o bem-estar que se deixou de ter em função do desvio dos recursos da economia para políticas ambientais em detrimento de outras atividades econômicas.

b) **Análise Custo-Utilidade (ACU):** este tipo de análise tem como objetivo calcular um indicador de benefícios capaz de integrar os critérios econômico e ecológico, ao invés de usar uma única medida do valor monetário de um determinado benefício, os indicadores são calculados para valores econômicos e também para o critério ecológico, como, por exemplo: insubstitutibilidade, vulnerabilidade, grau de ameaça, representatividade e criticabilidade. Cada indicador tem um peso absoluto e os benefícios das opções (de política, programas ou projetos) são avaliados com ponderações para cada indicador. Os resultados finais são, então, calculados para cada opção que representará alguma média ponderada para todos estes critérios.

c) **Análise Custo-Eficiência (ACE):** neste caso, prioridades serão ordenadas somente com base somente no critério ecológico. Os tomadores de decisão fazem uma análise custo-eficiência, considerando as várias opções disponíveis para se alcançar uma prioridade política pré-definida e compara os custos relativos destas em atingir seus

objetivos. Desta maneira, é possível identificar a opção que assegura a obtenção do resultado desejado aos menores custos.

Ainda segundo Motta, para que se possa identificar o valor econômico dos recursos naturais, primeiro devemos perceber que o valor econômico dos recursos ambientais é derivado de todos os seus atributos e, segundo, que estes atributos podem estar ou não associados a um uso. Ou seja, o consumo de um recurso ambiental se realiza via uso e não-uso. Existem também atributos de consumo associados à própria existência do recurso ambiental, independentemente do fluxo atual e futuro de bens e serviços apropriados na forma do seu uso. Assim, é comum desagregar o valor econômico do recurso ambiental (VERA) em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU). Por sua vez, o valor de uso pode ser dividido em valor de uso direto, valor de uso indireto e valor de opção.

Os métodos de valoração de recursos ambientais podem ser classificados em métodos da função de produção e métodos da função de demanda. O primeiro diz respeito a um recurso ambiental que é insumo ou substituto de um bem ou serviço privado, utilizando-se de preços de mercado deste bem ou serviço privado para estimar o valor econômico do recurso ambiental. Assim, os benefícios ou custos ambientais das variações de disponibilidade destes recursos ambientais para a sociedade podem ser estimados.

Já o segundo assume que a variação da disponibilidade do recurso ambiental altera a disposição a pagar ou aceitar dos agentes econômicos em relação aquele recurso ou seu bem privado complementar. Assim, estes métodos estimam diretamente os valores econômicos (preços-sombra) com base em funções de demanda para estes recursos derivadas de mercados de bens ou serviços privados complementares ao recurso ambiental ou mercados hipotéticos construídos especificamente para o recurso ambiental em análise. Utilizando-se de funções de demanda, estes métodos permitem captar as medidas de disposição a pagar (ou aceitar) dos indivíduos relativas às variações de disponibilidade do recurso ambiental. Com base nestas medidas, estimam-se as variações do nível de bem-estar pelo excesso de satisfação que o consumidor obtém quando paga um preço (ou nada paga) pelo recurso abaixo do que estaria disposto a pagar. Estas variações são chamadas de variações do excedente.

### 3. Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho se inicia por meio de pesquisa bibliográfica acerca do tema “produção mais limpa”, e da metodologia de quantificação dos benefícios econômicos da implantação de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos, apresentada por Calderoni, S. (1999) a qual aqui será adaptada para P+L.

Foi feito um levantamento de estudos de caso descritos na literatura da implantação de programas de produção mais limpa por indústrias de portes e segmentos diferentes. Segundo Gil (1991, citado por OLIVEIRA *et al*, 2007), estudo de caso é um método caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, “de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento”.

Este levantamento permitiu que se tivesse um maior conhecimento prático sobre o que é feito nesse campo no Brasil, e que iniciativas são mais comumente adotadas pelas indústrias quando tomam este tipo de atitude. Foram analisados dezessete estudos de caso, de indústrias de portes e segmentos de atuação variados.

Segundo a classificação do IBGE pelo número de empregados para a indústria, das empresas pesquisadas, duas classificam-se como micro-empresas (até 19 empregados), cinco como empresas de pequeno porte (de 20 a 99 empregados), duas de médio porte (de 100 a 499 empregados) e oito de grande porte (acima de 500 empregados). Os setores de atuação também são diversos, com indústrias do ramo alimentício, químico, metal-mecânico, moveleiro, papel e eletrodomésticos.

Com isto, foi possível identificar alguns dos principais motivos pelos quais atualmente as empresas adotam programas de produção mais limpa, e as principais vantagens que levam a implantação desta prática pelo setor industrial.

Além disso, também foram relacionadas vantagens do ponto de vista da sociedade que com elas interagem, seja por meio de impactos diretos ou indiretos proporcionados por estes programas, para que possa se tornar perceptível quem sai ganhando com uma maior adesão a P+L. Estes impactos foram quantificados de forma que se possa perceber, principalmente sob a ótica econômica, de que grandeza são os programas adotados, através de uma análise simples de ganhos e custos financeiros.

Após esta relação, é apresentada uma proposta de equações para mensurar os ganhos econômicos de programas de P+L, nos seus três níveis de implantação. As equações foram assim divididas pois há dife-

renças relevantes entre programas de primeiro nível, de segundo nível e de terceiro nível. O primeiro nível preza pela prevenção da poluição através de modificações no produto ou no processo, o segundo pela reciclagem interna do resíduo gerado e o terceiro pela reciclagem externa deste resíduo. Por este motivo, a ideia é deixar claro que os ganhos econômicos potenciais do primeiro são maiores que os do segundo, e destes maiores que o terceiro.

Esta forma de quantificação segue a linha do trabalho apresentado por Calderoni (1999) no livro “Os bilhões perdidos no lixo”, no qual o autor analisa a viabilidade econômica da reciclagem dos resíduos sólidos na cidade de São Paulo, do ponto de vista da sociedade e de todos os atores envolvidos no processo. Nesta época a reciclagem sofria certo preconceito em relação a sua adoção por diversas cidades brasileiras, que a consideravam deficitária economicamente sob o ponto de vista do governo municipal.

Por isso, Calderoni buscou mostrar que a coleta seletiva é viável economicamente para o município que a adota, não mostrando apenas os custos que o mesmo tem para sua implantação, mas os ganhos de todas as partes envolvidas no negócio e custos evitados com a reutilização dos resíduos.

Outra forma de quantificação utilizada é o índice de Intensidade de Material (*Material Intensity*, MIT), desenvolvido pelo Instituto Wuppertal, da Alemanha. O Instituto Wuppertal é uma associação interdisciplinar de pesquisa na área de sustentabilidade que atua desde 1991, em colaboração com diversas universidades da Alemanha e do mundo. O índice de Intensidade de Material é obtido dentro da análise de Entrada de Material Por Serviço (*Material Input per Service*, MIPS), que indica a quantidade de recursos utilizados para a obtenção de determinado serviço ou produto.

Através da utilização do MIPS é possível calcular o uso dos recursos utilizados desde sua extração da natureza até a produção, uso, reciclagem ou disposição final, categorizando estes recursos em bióticos ou matéria-prima renovável (biomassa animal e vegetal), abiótico ou matéria-prima não renovável (minérios como areia, cascalho e granito, combustíveis fósseis), água, ar e movimentação de terra (inclusive erosão, para agricultura e silvicultura). O método é útil para que se possam comparar alternativas de materiais a serem utilizados.

Como dados de entrada têm-se a quantidade de materiais básicos (metais, químicos, plásticos, materiais de construção), combustível, transporte e alimentos utilizados no processo produtivo ou de serviço.

Estes dados são relacionados em tabelas com valores de fatores de multiplicação, dando como resultado final uma relação entre a massa do produto final pela quantidade de recursos consumidos. É importante salientar que os fatores de consumo de recursos são regionalizados, sendo importante a observação deste item para que o cálculo aproxime-se da realidade. Na figura 4 pode-se ver parte de uma das tabelas que são utilizadas no cálculo.

name	specification	Material intensity [kg/kg] / Materialintensität [kg/kg]						region
		abiotic material abiotische Rohstoffe	biotic material biotische Rohstoffe	water Wasser	air Luft	earth movement in agriculture and silviculture Bodenbewegung in Land- und Forstwirtschaft		
						gross Erdbau	mechanical earth movement mechanische Bodenbearbeitung	
Name	Spezifikation							Regionaler Bezug
Chemicals / Chemikalien								
acetone Aceton	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O		3,19		18,72	1,89		Germany
acrylonitril Acrylnitril			2,56		93,23	5,05		Europe
ethyl chloride Äthylchlorid			6,93		140,71	2,44		Europe
aluminium chloride Aluminiumchlorid	AlCl <sub>3</sub>		8,61		110,63	1,15		Germany
ammonia Ammoniak	NH <sub>3</sub>		1,85		10,11	5,04		Europe
aniline, aminobenzen Anilin	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N		8,21		148,83	3,83		Germany
benzene Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		4,32		28,23	2,19		Germany
bisphenol-A Bisphenol-A			5,00		88,45	2,52		Europe
chlorine Chlor	Cl <sub>2</sub>		3,84		100,90	1,09		Europe
dimethylformamide Dimethylformamid			1,53		5,29	3,72		Europe

Figura 4 – Exemplos de cálculo de intensidade de material para alguns produtos químicos (Fonte: Wuppertal Institute)

4. Resultados e Discussões

4.1. Análise dos estudos de caso

De acordo com os motivos listados para a adoção de programas de P+L nos estudos de caso pesquisados, podemos dividi-los da seguinte forma, como consta no quadro 1.

Motivos para implantação de P+L
Desperdício de matéria-prima na produção sob a forma de resíduos
Utilização de materiais tóxicos ao meio ambiente ou as pessoas no processo produtivo



Produção de efluentes líquidos ou emissões gasosas, que necessitam de tratamento para disposição
Dificuldade de adequação do tratamento de controle ambiental aos parâmetros vigentes na legislação
Alto consumo de energia e/ou água no processo
Baixa eficiência produtiva da matéria-prima utilizada
Alto índice de defeitos na fabricação dos produtos, gerando desperdício de produtos acabados
Desperdício de materiais utilizados na produção, não relacionados diretamente ao produto

Quadro 1 – Motivos para a adoção de programas de produção mais limpa

Os motivos mais citados para a implantação de programas desta natureza foram o desperdício de matéria-prima sob a forma de resíduos, como o caso da indústria moveleira que passou a reutilizar os resíduos gerados no processo, o desperdício de materiais utilizados na produção, mas não necessariamente no produto final. Este é o caso da indústria de papel que substituiu os filmes de plástico que protegiam o produto acabado por invólucros da bobina do próprio papel cartão. No caso da substituição de materiais tóxicos no processo, podemos citar, como exemplo, a fabricante de peças fundidas de alumínio, que substituiu a areia Shell, que gerava resíduos considerados Classe I – perigosos, por areia comum para a confecção das peças.

Como consequência da implantação destes programas, têm-se também diversos exemplos de benefícios proporcionados pela sua adoção, que são citados no quadro 2.

<b>Ganhos proporcionados pela adoção de programas de P+L nos estudos de caso</b>
Menor consumo de matéria-prima (maior eficiência do processo produtivo)
Redução na geração de resíduos
Reaproveitamento de resíduos e/ou efluentes de produção no processo produtivo

Ganhos econômicos com a venda de resíduos para reciclagem externa
Menor necessidade de implantação de tratamento “fim-de-tubo”
Menor consumo de água e energia
Menor custo de disposição de resíduos perigosos
Vantagens comerciais, como financiamentos e contratos com empresas que exigem fornecedores com controle ambiental
Melhoria da imagem da empresa perante a sociedade
Melhoria na saúde dos trabalhadores

Quadro 2 – Vantagens obtidas com a adoção de programas de produção mais limpa

Certamente, o benefício mais citado nos casos pesquisados foi a possibilidade de reutilização dos resíduos ou efluentes no processo produtivo (reciclagem interna), o que caracteriza programas de produção mais limpa de segundo nível. Este reaproveitamento pode proporcionar benefícios subsequentes, como redução no consumo de matéria-prima ou de insumos como água ou energia elétrica. A melhoria da saúde dos trabalhadores também foi notada com frequência, principalmente devido à redução ou não utilização de produtos tóxicos no processo.

#### 4.2. O ponto de vista da sociedade

Os benefícios citados no quadro 2 tem seu foco no ponto de vista de quem adota o programa de produção mais limpa, ou seja, a indústria. Entretanto, além da empresa que implanta um programa desta natureza, outros *stakeholders* saem ganhando com esta situação. A saber, as principais partes interessadas no setor industrial são os concorrentes, clientes, fornecedores, colaboradores, investidores, governo e a sociedade inserida no seu entorno.

Pode-se citar, por exemplo, uma percepção diferenciada provocada junto aos concorrentes quando empresas representativas no cenário econômico adotam programas de produção mais limpa. Estes concorren-

tes, pressionados pelas vantagens competitivas obtidas pelas demais empresas, podem vir a adotar estratégias semelhantes para sobreviver no mercado.

Muitas empresas também, ao adotar medidas de P+L como redução de uso de produtos tóxicos ou matérias-primas que gerem grande impacto ao meio ambiente, acabam por pressionar seus fornecedores a atuar com produtos de maior qualidade ambiental para se manter presentes no cenário.

A sociedade como um todo também se beneficia desta situação. Quando os ganhos citados anteriormente podem ser vistos de forma múltipla em determinada localidade, após larga adoção de programas de P+L em regiões com grande número de indústrias, as consequências aparecem de forma mais significativa, melhorando a qualidade de vida da população como um todo. A seguir, são listados os benefícios mais comumente percebidos neste tipo de situação (Quadro 2) e sua relação com a sociedade.

- Menor consumo de matéria-prima (maior eficiência do processo produtivo): as matérias-primas utilizadas no processo industrial podem ser renováveis ou não renováveis. Como citado pelo Instituto Wuppertal (2002), os materiais abióticos, como os recursos minerais em geral, são considerados não renováveis, e materiais bióticos, como a biomassa, renováveis. Uma menor pressão sobre os recursos não renováveis, principalmente, como metais e combustíveis fósseis, pode evitar que os mesmos se esgotem em um curto espaço de tempo, o que seria prejudicial para diversos segmentos de produção. Uma utilização não planejada dos recursos renováveis também pode causar escassez deste tipo de matéria-prima, como a utilização de madeira para fabricação de papel sem técnicas de reflorestamento. A menor utilização de matéria-prima também implica em um menor gasto com processos de retirada do mesmo do meio ambiente, transporte e armazenamento da matéria-prima da fonte até o local de utilização, e potencial geração de resíduos no processo.

- Redução na geração de resíduos: uma menor geração de resíduos através de modificações no produto ou no processo diminui a necessidade de reciclagem ou disposição final dos mesmos. A reciclagem, segundo a sequência de abordagem lógica exposta anteriormente na figura 1, é um processo que mesmo evitando a destinação do resíduo a aterros sanitários ou incineradores, por exemplo, não deve ser prioritário, pois também consome recursos para ocorrer. Já a disposição final aumenta a necessidade de grandes terrenos para instalação de aterros

sanitários e incineradores. Estas áreas são cada vez mais escassas e valorizadas atualmente, e ainda há o risco de contaminação do entorno por falhas no processo.

- Reaproveitamento de resíduos e/ou efluentes de produção no processo produtivo: o reaproveitamento de resíduos, como já citado no item anterior, tende a diminuir a demanda sobre meios de disposição final dos mesmos. O mesmo também é válido para os efluentes líquidos, como água do processo reutilizada, o que diminui a demanda da rede de abastecimento e por consequência o volume tratado pela companhia de abastecimento para o atendimento de determinada região.

- Ganhos econômicos com a venda de resíduos para reciclagem externa: apesar de não ser a melhor alternativa do ponto de vista ambiental, a reciclagem ainda é benéfica pois evita que haja retirada de mais matéria-prima do meio ambiente para utilização no processo industrial. A venda advinda de resíduos recicláveis por parte da indústria gera receitas para a mesma, como também gera para possíveis organizações de catadores que as revendem para empresas que fazem a reciclagem do material. Ao termos uma visão geral do processo, não há ganho econômico efetivo pois ocorre mera transferência de renda entre os atores da ação, mas muitas pessoas de baixa renda dependem desta atividade para sobreviver, como os catadores.

- Menor necessidade de implantação de tratamento “fim-de-tubo”: as técnicas de tratamento conhecidas como fim-de-tubo, como a instalação de estações de tratamento de efluentes industriais, nem sempre conseguem obter a eficiência desejada, seja por ineficiência do processo ou falhas operacionais, havendo sempre o risco de contaminação do corpo receptor. Esta contaminação pode prejudicar atividades como abastecimento de água, agricultura e lazer.

- Menor consumo de água e energia: como já citado a respeito do tratamento de efluentes, um menor consumo destes itens diminui a necessidade de abastecimento público para atender ao consumo da atividade industrial, o que atenua a pressão sobre adoção de novas fontes para que se supra a demanda do setor.

- Menor custo de disposição de resíduos perigosos: resíduos perigosos devem ser dispostos de maneira adequada, como em aterros industriais, que tem um custo de manutenção maior que os aterros sanitários domésticos e uma presença maior de substâncias tóxicas. Estes aterros exigem preferencialmente áreas com características especiais para sua instalação, como solo impermeável e alta profundidade de lençol freático.

- Vantagens comerciais, como financiamentos e contratos com empresas que exigem fornecedores com controle ambiental: as relações comerciais também podem ser impulsionadas nesta situação, pois atualmente diversas empresas têm em sua política ambiental restrições em relação a fornecedores e intermediários, só trabalhando com empresas que também atuem de forma ambientalmente correta. No Brasil ainda não ocorre, mas em outros países governo e instituições financeiras tem programas de apoio e incentivo a empresas que adotem programas de P+L.

- Melhoria da imagem da empresa perante a sociedade: apesar de pesquisa recente publicada pelo Instituto Akatu (2010) apontarem como não prioritária a questão ambiental na decisão de compra do consumidor brasileiro, é cada vez maior a percepção da problemática ambiental por parte da sociedade, e as empresas que demonstram essa preocupação são cada vez mais bem vistas no mercado. Como marcas também podem ser consideradas formadoras de opinião, em muitos casos essa demonstração de sensibilidade ambiental pode refletir no consumidor, influenciando os hábitos pessoais.

- Melhoria na saúde dos trabalhadores: com a diminuição do uso de matérias-primas tóxicas ou contato com resíduos perigosos, diminui o risco de aparecimento de doenças relacionadas ao trabalho, beneficiando diretamente aqueles envolvidos no processo de produção. Além das empresas, que na maioria das vezes arcam com os custos do tratamento destas doenças, o poder público também sai ganhando, pois há uma diminuição nos gastos com saúde pública.

O papel do governo é fundamental para que possa haver uma maior adesão a iniciativas de produção mais limpa por parte das empresas. Visto que ainda existem diversas barreiras que impedem que isto ocorra, como já citado, e a importância do tema para a sociedade, medidas de incentivo como regulamentações, apoio tecnológico, incentivos fiscais, financiamentos até sanções legais tornariam a adoção de medidas dessa natureza mais atrativa para aqueles que não ainda não tem a produção mais limpa como prioridade na sua gestão ambiental, ou nem sequer tenham políticas de gestão ambiental inseridas na sua gestão corporativa.

#### **4.3. Abordagem quantificada dos programas de P+L**

Para mensurar economicamente as iniciativas de produção mais limpa, é proposta uma metodologia de avaliação levando-se em conta os

motivos e ganhos relacionados nos estudos de caso analisados. Esta metodologia de cálculo é uma formulação adaptada daquela proposta por Calderoni (1999) a respeito da viabilidade econômica da coleta seletiva no município de São Paulo.

As formulações aqui apresentadas dividem-se em programas de P+L de nível 1, 2 e 3, para que fique visível a diferença de benefícios advindos de programas de prevenção da poluição, reciclagem interna e reciclagem externa, respectivamente (Figura 2). Nem todos os itens considerados nas equações estão presentes em todos os programas de determinado nível, mas as mesmas são generalizações que buscam considerar o maior número de fatores que poderiam estar envolvidos em cada caso.

#### ● Nível 1

Os programas deste nível, que prezam pela redução da poluição na fonte e prevenção da poluição, podem incluir medidas de modificação do produto ou no processo, como substituição de matérias-primas, modificação tecnológica ou técnicas de *housekeeping*, como melhor manutenção e organização da planta, por exemplo.

Para mensuração, propõe-se a seguinte equação:

$G = MP + W + A + C + D + O - In - T$  (eq.1), sendo:

G = ganhos com a adoção de programas de produção mais limpa;

MP = economia proporcionada pelo menor consumo de matéria-prima;

W = economia proporcionada por menor utilização de insumos de produção, como água e energia elétrica;

A = custo evitado de controle ambiental, como monitoramento de emissões e análise de efluentes;

C = custo evitado de tratamento dos resíduos gerados no processo;

D = custo evitado com a disposição final de resíduos gerados no processo;

O = demais ganhos econômicos, advindos de vantagens comerciais e financiamentos, aumento de lucratividade por melhoria na imagem da empresa e menores gastos com saúde pela melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores;

In = investimento tecnológico;

T = treinamento de pessoal.

Como dito, nem todos os termos da equação estão presentes em programas de nível 1. Alterações simples de matéria-prima ou medidas

de *housekeeping* em muitos casos não exigem investimento inicial em tecnologia. Um menor consumo de recursos hídricos ou energia elétrica pode vir de várias formas, como melhor manutenção de máquinas, modificações no processo e melhor eficiência de matéria-prima utilizada, dentre outras medidas.

Considera-se como ideal que os termos “A”, “C” e “D” estejam o mais próximo possível dos valores destinados a este fim antes da adoção do programa de produção mais limpa, entretanto nem sempre é possível que se atinja uma redução total na produção de resíduos e emissões no processo.

Aqui também é válido considerar que, ao se aplicar esta equação a uma situação regional, por exemplo, termos como economia de água e energia, tanto pelas indústrias quanto o que é utilizado para extração da matéria-prima, custo evitado de disposição final de resíduos gerados e melhoria na saúde dos trabalhadores ganham maior importância, pelo impacto direto na vida da comunidade e maior alcance a população.

#### ● Nível 2

Os programas de produção mais limpa classificados como de nível 2 são aqueles em que são tomadas medidas para reciclagem dos resíduos dentro do processo. Geralmente não há investimento tecnológico, mudanças no produto ou no processo, mas o fato de haver reintrodução de material que seria descartado no processo produtivo gera principalmente economia de matéria-prima. A equação proposta é a seguinte:

$G = MP + C + D + O - R - T$  (eq.2), sendo:

G = ganhos com a adoção de programas de produção mais limpa;

MP = economia proporcionada por um menor volume de compra de matéria-prima, devido à reciclagem interna de material;

C = custo evitado de tratamento dos resíduos gerados no processo;

D = custo evitado com a disposição final de resíduos gerados no processo;

O = demais ganhos econômicos, advindos de vantagens comerciais e financiamentos, aumento de lucratividade por melhoria na imagem da empresa;

R = custo de reutilização do resíduo, como transporte dentro da planta, investimento tecnológico para reaproveitamento, armazenamento e outros gastos para tornar possível a reciclagem interna;

T = treinamento de pessoal.

Nem sempre o custo de tratamento é evitado, pois em alguns casos para tornar a reutilização viável é necessário que o resíduo passe por algum processo. O consumo de energia e recursos hídricos não é o objetivo principal deste tipo de iniciativa, mas é influenciado diretamente pela redução da necessidade de extração da matéria-prima do meio natural.

### ● Nível 3

Por último, temos os programas de terceiro nível. Estes programas englobam iniciativas onde os resíduos gerados são reciclados externamente pela empresa, seja em outro processo produtivo diferente do qual ele foi gerado, como vendido para outras empresas que reciclem este resíduo.

Este nível é considerado o último na lista de prioridade na análise de possibilidades para programas de P+L, pois não gera uma menor utilização da matéria-prima pela indústria e não previne que a poluição ocorra no processo. Entretanto, apesar de atualmente ser considerado um dos últimos recursos para destinação de resíduos, a reciclagem deve ser na maioria dos casos prioritária a destinação final dos poluentes, pois diminui a necessidade do ciclo de produção das matérias-primas.

A equação que se apresenta neste caso é a seguinte:

$G = C + D + O + V - T$  (eq.3), sendo:

C = custo evitado de tratamento dos resíduos gerados no processo;

D = custo evitado com a disposição final de resíduos gerados no processo;

O = demais ganhos econômicos, advindos de vantagens comerciais e financiamentos, aumento de lucratividade por melhoria na imagem da empresa;

V = venda de resíduos para empresas de reciclagem.

T = treinamento de pessoal.

Do ponto de vista da sociedade, a venda de resíduos para a reciclagem não é tão vantajosa, pois se trata apenas de transferência de renda da empresa produtora do resíduo para a empresa recicladora.

Como dito, tanto neste nível como nos demais, uma menor utilização de recursos naturais para produção de insumos para indústria também deve ser levado em conta. Para quantificar tal situação, pode-se utilizar o índice de Intensidade de Material (MI), desenvolvido pelo Instituto Wuppertal, da Alemanha. Este índice considera todos os materiais utilizados de maneira usual pela indústria, como metais, minerais



rochosos, energia elétrica, produtos químicos, alimentícios e outros, que quantificados podem ser cruzados com dados de tabelas onde se encontram valores de consumo por categoria para cada um destes materiais, como água, ar, material biótico, abiótico e movimentação de terra, resultando em valores de massa de produto acabado por massa das categorias acima.

Por exemplo, um produto que consome um valor “x” kg de metais, um valor “y” kWh de energia elétrica e um valor “z” kg de produtos químicos para ser produzido, resultará em certa quantidade de água e ar totais consumidos desde a extração das matérias-primas até a manufatura do produto acabado.

#### **4.4. Estudo de caso**

Para que se possa ter um exemplo prático de aplicação das equações acima, pode-se aplicar a metodologia proposta a um estudo de caso de produção mais limpa, e ampliar a percepção econômica extrapolando o caso para uma determinada região produtora do mesmo setor industrial.

O caso escolhido diz respeito a uma empresa têxtil de pequeno porte, localizada no Rio Grande do Norte. Este estudo foi descrito por Pimenta e Gouvinhas (2007) em um trabalho intitulado “Implementação da Produção mais Limpa em uma Indústria Têxtil: Vantagens Econômicas e Ambientais”.

A empresa, que conta com 23 funcionários e produz camisetas de algodão, poliéster e *dry*, com uma capacidade de produção de 400 camisetas estampadas por dia, implantou um programa simples de produção mais limpa, reduzindo o desperdício de matéria-prima e o consumo de energia elétrica.

O processo de confecção da empresa consistia em sete etapas, sendo elas: design do produto, modelagem em papelão, corte do tecido, costura, estampagem, controle de qualidade e expedição do produto acabado. A sequência do processo pode ser vista na figura 5.

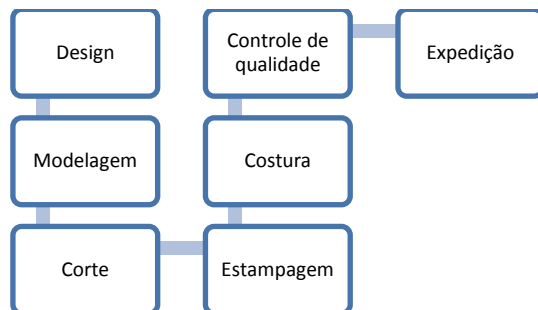


Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo da confecção têxtil analisada

Após a decisão de implantação de um programa de P+L por parte da direção da empresa, foram encontrados alguns pontos críticos no processo. Não era feito planejamento do corte do tecido, sendo o mesmo feito de forma intuitiva, o que acarretava num grande desperdício de matéria-prima (em torno de 20% do consumo, ou 40 kg de tecido por dia). Com um consumo de cerca de 54 toneladas de tecido por ano, o desperdício chegava a 10 toneladas anuais, e perdas financeiras no período de cerca de R\$ 228.500,00.

Segundo Pimenta e Gouvinnhas (2007) também foi identificado o desperdício de energia elétrica no processo de secagem da estampa. Este processo era efetuado através de placas metálicas munidas de uma resistência elétrica. Entretanto, o controle de fornecimento de energia no processo não era efetuado de forma individualizada, ou seja, quando uma mesa que era acionada todas as placas eram ligadas. Foi constatado uma eficiência de 70%, além do tempo médio de uso de 2,5 horas/dia, e consumo energético total de 60,75 Kwh/dia. Este desperdício representava uma perda de 400,95 Kwh/mês.

A medida escolhida para melhoria do processo de corte do tecido foi um treinamento dos funcionários para máximo enquadramento dos moldes. O investimento realizado foi de R\$300,00. Ainda gerando retalhos, estes passariam por um procedimento de classificação para reaproveitamento interno (retalhos com uma área superior a 600 cm<sup>2</sup> seriam destinados para fabricação de produtos infantis) e caso não sendo possível, seriam destinados para venda a empresas de artesanatos a um preço de R\$ 0,70/Kg.

Com o treinamento, foi observado um aumento da eficiência do corte na ordem de 5%, e consequente redução da geração de resíduos. O sistema de classificação de retalhos proporcionou o reaproveitamento interno de 55% do resíduo gerado pelo corte e uma possível arrecadação

de uma receita mensal de R\$ 212,98, com a venda do material para reciclagem externa.

Em relação à questão do consumo energético nas placas, foi proposta a instalação de um sistema de chaves de controle (interruptor), estimando-se um aumento da eficiência do uso das placas na ordem de 98%. Para tanto, o investimento necessário para a aquisição e instalação dos interruptores seria de R\$ 250,00, e o desperdício de energia passa de 400,95 Kwh/mês para 26,7 Kwh/mês.

A receita anual gerada pela economia de matéria-prima no processo, reaproveitamento e venda dos retalhos foi de aproximadamente R\$ 54.500,00, e a economia de energia elétrica proporcionou uma receita anual de pouco mais de R\$ 1.970,00, frente a um investimento inicial de R\$ 550,00.

#### 4.5. Aplicação da metodologia

Como polo produtor têxtil do estado de Santa Catarina, foi escolhida a microrregião de Blumenau para que fosse aplicada a metodologia proposta de avaliação da implantação de programas de P+L pelas empresas da região.

De acordo com o censo de 2010, publicado pelo IBGE, sua população é de 677.553 habitantes e está dividida em quinze municípios (representados na figura 6). Possui uma área total de 4.752,975 km<sup>2</sup>.

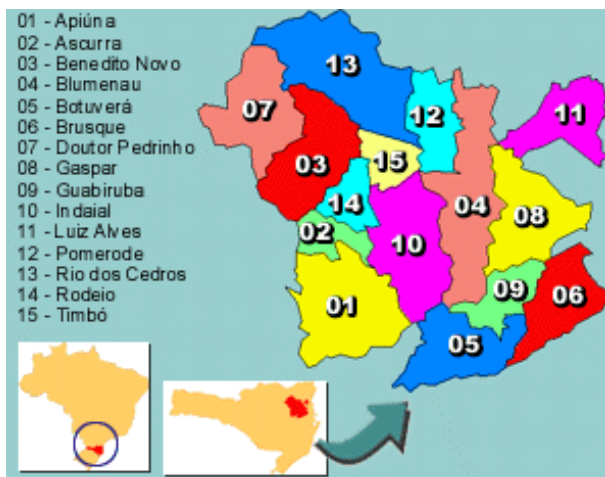


Figura 6 – Microrregião de Blumenau (Fonte: City Brazil)

Segundo Campos *et al* (2004, citados por LINS, 2005), na microrregião de Blumenau de acordo com informações do Ministério do Trabalho de 2002 existiam cerca de 196 empresas de pequeno porte (tal qual o estudo de caso analisado) fabricantes de artigos de vestuário. Segundo classificação adotada pelo SEBRAE, indústrias de 20 a 99 funcionárias são consideradas de pequeno porte.

Para que se possa simular uma situação de expansão dos benefícios a toda a região, assume-se que todas as 196 empresas citadas acima tem produção semelhante àquela apontada no estudo de caso, mesma configuração de processo produtivo e mesmas oportunidades de melhoria destes processos.

O caso aqui descrito se encaixa em um programa de P+L de nível misto, pois contém elementos de nível 1 (economia de matéria-prima e energia no processo), nível 2 (reciclagem interna) e 3 (reciclagem externa).

Por isso, pode-se assumir que a melhor equação para descrever a situação é uma equação mista, com termos das três que foram apresentadas acima, na seguinte forma:

$G = MP + W + D + V - In - T$  (eq.4), sendo:

G = ganhos com a adoção de programas de produção mais limpa;

MP = economia proporcionada pelo menor consumo de matéria-prima;

W = economia proporcionada por menor utilização de insumos de produção, como água e energia elétrica;

D = custo evitado com a disposição final de resíduos gerados no processo;

V = venda de resíduos para empresas de reciclagem.

In = investimento tecnológico;

T = treinamento de pessoal.

Os demais termos das equações para nível 1, 2 e 3 podem ser considerados nulos nesta situação, pois não estão relacionados ao caso ou não foram possíveis de mensuração.

Os valores a serem adotados para que se calculem os ganhos econômicos totais são:

- MP

Considerando-se a economia anual devido à diminuição do consumo de matéria-prima no valor de R\$ 52 mil, o valor para o número total de 196 empresas da região é de R\$ 9.945.000,00;

- W

A economia de energia elétrica proporcionou uma receita anual da ordem de R\$ 1.970,00, o que representa um valor total de R\$ 386.120,00;

- D

Como para as empresas não havia custo para a disposição final do resíduo, esta economia apenas será levada em conta no cálculo social. Segundo Ramos (2009) os resíduos sólidos da indústria têxtil são considerados não perigosos e inertes, podendo ser dispostos em aterros sanitários comuns;

- V

A receita anual proporcionada pela venda do resíduo para reciclagem externa é de R\$2.500,00, chegando a um total para as 196 empresas de R\$500.900,00 por ano;

- In + T

O investimento inicial para o número total de empresas é de R\$ 107.800,00, já considerando o investimento tecnológico e o treinamento de pessoal.

Assim, o valor total de ganhos para as pequenas empresas têxteis da microrregião de Blumenau seria de R\$ 10.724.220,00. Todo este valor pode ser reinserido na economia da região, através de novos investimentos na cadeia produtiva, modernização tecnológica e remuneração de funcionários, por exemplo.

Além disso, para que se tenham uma dimensão maior dos ganhos que se aplicam aos demais atores da sociedade envolvidos, têm-se como exemplo dois termos da equação, W e D.

Segundo dados da FURB, o fornecimento de energia elétrica para a região de Blumenau é feito basicamente por meio de três usinas hidrelétricas, que são a Usina do Salto, em Blumenau, com capacidade instalada de 6.700 KW/h e as Usinas Palmeira e Cedro, em Rio dos Cedros, com capacidade respectivamente, de 7.600 e 24.600 KW/h.

O custo médio para produção de energia elétrica no Brasil, por meio de usinas hidrelétricas, é de R\$45 MW/h. Com a economia de total de 880 MWh por ano, a não geração desta energia representa um valor evitado de R\$ 39.600,00.

Para a disposição final de resíduos, utilizam-se dados citados por Calderoni (1999), em que os custos da Prefeitura Municipal da São Paulo para coleta, transbordo e disposição final de resíduos sólidos R\$48,60/ t. O custo evitado (geração anual de 1960 t de resíduos por ano, evitado pela reciclagem interna e externa) total é de R\$95.256,00.

Somando-se estes dois termos ao valor final encontrado no cálculo anterior, temos um acréscimo de aproximadamente R\$135 mil nos ganhos analisando o ciclo como um todo. Também existem outros custos que podem ser analisados, principalmente aqueles associadas ao ciclo de vida da matéria-prima, que será apresentado a seguir.

#### **4.6. Análise do ciclo de vida da indústria têxtil**

Na figura 7 pode-se ver o ciclo de vida usual de produtos têxteis. Em cada etapa há a utilização de matéria-prima, energia, água, tinta e outros produtos químicos, variando de acordo com o produto final. Como saídas dos processos, há emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos. A tabela com os dados da análise de ciclo de vida da indústria têxtil feita por Nieminen-Kalliala (2003) pode ser vista no anexo 1.

Com uma menor utilização de matéria-prima, como descrito no estudo de caso citado na seção anterior, todas as entradas e saídas descritas acima também são evitadas. Há uma menor utilização de água, energia e outros insumos para produção de tintas, por exemplo, e extração da matéria-prima da natureza, como o algodão.

Da mesma forma há diminuição da necessidade de controle ambiental e tratamento de emissões atmosféricas, efluentes e resíduos, que ficam a cargo não só do produtor, mas também do poder público.

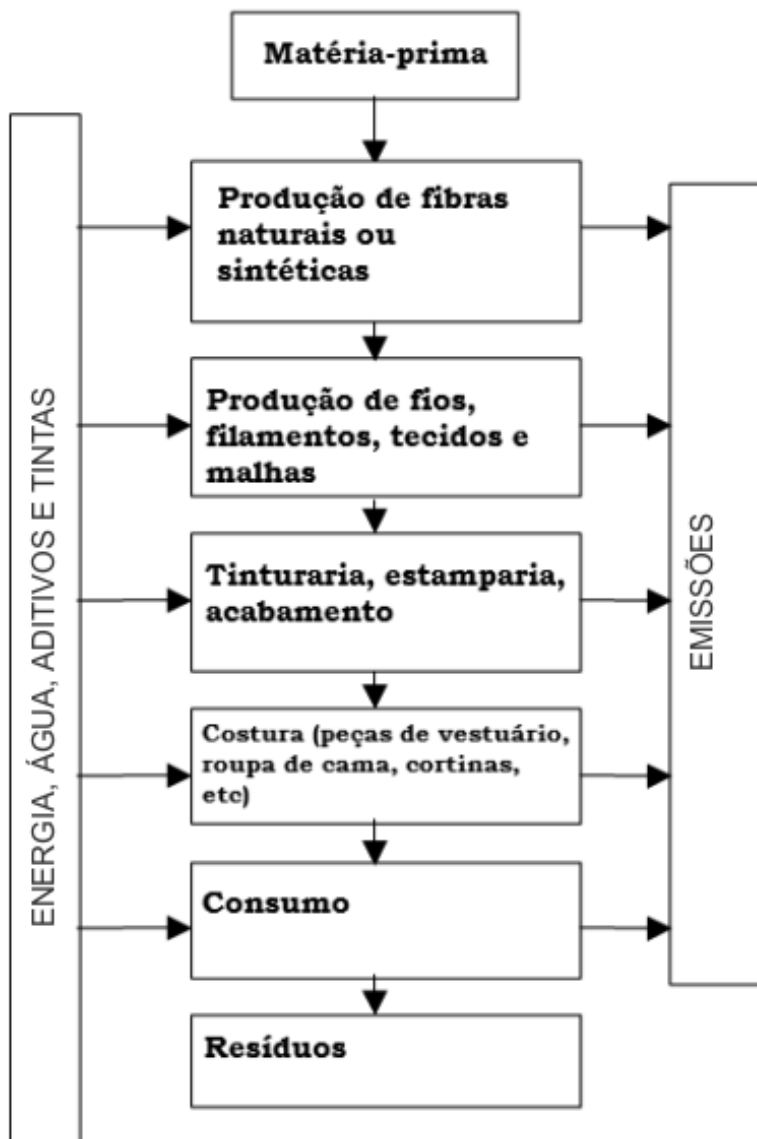


Figura 7 – Cadeia de produção têxtil (Nieminen-Kalliala, 2003)

O impacto ambiental causado por um produto ou serviço também pode ser mensurado pela metodologia conhecida como MIPS – *Material*

*Input per Service Unit*, na qual é considerado todo o ciclo de vida para que se tenha a Intensidade de Material por unidade do recurso utilizado.

Para o algodão, é especificado por quilo de recurso utilizado, 8,6 kg de materiais abióticos, 2,9 kg de materiais bióticos, 6.814 litros de água, 2,23 m<sup>3</sup> de ar e 5,01 kg de terra movimentados por erosão durante todo o ciclo de vida do produto (medida baseada em pesquisas realizadas nos Estados Unidos).

Com isso, evitar o desperdício de 10 toneladas anuais de tecido descrito no estudo de caso, multiplicado pelas 196 empresas têxteis de pequeno porte da microrregião de Blumenau, poderia resultar em uma economia de 16.856 t de materiais abióticos, 5.684 t de materiais bióticos, 13 milhões de litros de água, 4 milhões de metros cúbicos de ar e 9.819,6 t de terra movimentada.

## **5. Conclusão**

De acordo com os cálculos apresentados, o custo evitado com a redução na geração de 196 t de resíduos sólidos por ano para a região é de R\$95.256,00, e a economia de 880 MWh na geração de energia elétrica representa um valor evitado de R\$ 39.600,00, frente a um investimento nulo do poder público e de R\$ 107.800,00 por parte das indústrias, estas últimas com ganhos estimados de R\$ 10.724.220,00 por ano com a implantação desta iniciativa.

Os valores obtidos para a diminuição do consumo de recursos através do MIPS também representam um potencial de redução de custos em todo o ciclo de vida do produto, pois evitar o desperdício de 196 t de algodão pode resultar em uma diminuição na utilização de 16.856 t de matérias primas não renováveis, 5.684 t de matérias primas renováveis, 13 milhões de litros de água, 4 milhões de metros cúbicos de ar e 9.819,6 t de terra movimentada.

Assim pode-se perceber que os benefícios econômicos decorrentes da adoção de programas de produção mais limpa atingem não só as empresas que os implantam, mas também demais atores da sociedade que são afetados de maneira direta ou indireta por seus impactos.

Ainda assim, muitos gestores ainda encaram com ressalvas os investimentos em técnicas de produção mais limpa, podendo-se identificar diversas barreiras que impedem um maior avanço da questão, como concepção errônea dos objetivos do programa, falta de informação e capacidade técnica, e baixa sensibilidade ambiental por parte da direção da empresa.



Por isso, é fundamental que haja apoio do poder público, a quem é reservado o dever de defender questões de interesse coletivo, para facilitar uma maior adesão a programas desta natureza em nosso país. Este apoio pode vir através de várias formas, como facilidade de acesso a financiamentos para implantação destes programas, incentivos fiscais, legislações específicas, centros de apoio tecnológico, dentre outros.

## **6. Considerações Finais**

As equações e o exemplo prático mostrados neste trabalho têm como objetivo direcionar a discussão em torno da questão financeira, que certamente é a mais relevante na tomada de decisão das empresas de mercado. Dispondo de dados completos de investimento e ganhos financeiros ao longo do tempo com a adoção de programas de produção mais limpa, o balanço econômico mostrará de forma mais clara o quanto todos tem a ganhar.

Apesar das limitações apresentadas na obtenção de dados financeiros referentes ao potencial de economia dentro do ciclo de vida e descrição de todas as entradas e saídas do sistema, a ideia foi mostrar um ponto de vista diferente sobre os programas de P+L, não se limitando ao fluxo de caixa de quem as implanta. Para trabalhos futuros sobre o tema recomenda-se um estudo mais detalhado sobre o ciclo de vida do produto e possíveis ganhos econômicos na região de implantação (polo produtor), trazendo dados reais do benefício potencial ambiental e financeiro.

Entretanto, barreiras como a baixa sensibilidade ambiental e ordem de prioridade de gastos ainda existirão. No cerne da questão, a educação ambiental é muito importante para formação de pessoas informadas e responsáveis a respeito dos impactos causados no local em que vivem, tanto do ponto de vista ambiental, como também social e econômico. Hoje se percebe uma falta de sensibilidade por parte de muitos a respeito dos impactos gerados por qualquer tipo de atividade, e transferência de responsabilidade sobre quem deve agir para que essa questão se resolva, pela ausência de discussão sobre o tema por muitas décadas em nosso país.

A inserção da educação ambiental, não apenas tratando de questões superficiais, mas sob a forma de discussões a respeito de um desenvolvimento realmente sustentável e o modelo de consumo adotado na sociedade atual, de maneira incisiva no ensino fundamental, médio e

veículos de comunicação, pode ser decisiva para um futuro formado por uma sociedade mais consciente sobre a responsabilidade dos seus atos.

## 7. Bibliografia

1. ALPERSTEDT, Graziela Dias; QUINTELLA, Rogério Hermida; SOUZA, Luiz Ricardo. **Estratégias de gestão ambiental e seus fatores determinantes: uma análise institucional**. Rev. adm. empresas., São Paulo, v. 50, n. 2, Junho 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75902010000200004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75902010000200004&lng=en&nrm=iso)>. acessado em 26 de Junho de 2011.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR ISO 14004 - Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio**. Rio de Janeiro, 1996.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14001 - Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14040 – Gestão ambiental – análise do ciclo de vida – princípios e estruturas**. Rio de Janeiro, 2001.
5. BARONI, Margaret. **Ambiguidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, n.32, p.14-24, abr./jun. 1992. Disponível em: <[http://www.michaeljonas.com.br/meu%20trabalho/fca\\_grad/Economia%20II/Apo/Ambiguidade%20e%20Deficiencias%20do%20Conceito%20de%20Desenvolvimento%20Sustentavel.pdf](http://www.michaeljonas.com.br/meu%20trabalho/fca_grad/Economia%20II/Apo/Ambiguidade%20e%20Deficiencias%20do%20Conceito%20de%20Desenvolvimento%20Sustentavel.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2011.
6. BRAGA, Tania Moreira et al. **Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar**. Belo Horizonte - Mg: Nova Economia, 2004. 20 p.

7. CALDERONI, Sabetai. **Os bilhões perdidos no lixo**. 3ª edição São Paulo: Livraria Triângulo Editora, 1999. 346 p. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP.
8. CALIXTO, Laura. **Responsabilidade Socioambiental: Pública ou Privada?** Contabilidade Vista & Revista, Belo Horizonte - MG, v. 3, n. 19, p.123-147, jul./set. 2008. Disponível em: <<http://www.doaj.org/doaj?func=fulltext&passMe=http://www.face.ufmg.br/revista/index.php/contabilidadevistaerevista/article/viewFile/363/362>>. Acesso em: 26 jun. 2011.
9. CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS - SENAI (Porto Alegre - Rs). **O que é, qual a vantagem e como implementar a PmaisL?** Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl/>>. Acesso em: 25 jun. 2011.
10. CETESB. **Produção e Consumo Sustentáveis: Casos de Sucesso**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/producao-e-consumo-sustentavel/82-casos-de-sucesso>>. Acesso em: 15 dez. 2011.
11. City Brazil. **Microrregião de Blumenau**. Disponível em: <[http://www.citybrazil.com.br/sc/microrregiao\\_detalhe.php?micro=12](http://www.citybrazil.com.br/sc/microrregiao_detalhe.php?micro=12)>. Acesso em: 01 fev. 2012.
12. CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Produção mais limpa: Conceito e barreiras na implantação**. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds/eco-pmaisl-conceito.asp>>. Acesso em: 24 jun. 2011.
13. ESTADÃO. **Entenda o que foi a Rio-92: Veja quem participou da conferência e que acordos foram acertados**. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/especiais/entenda-o-que-foi-a-rio-92,3827.htm>>. Acesso em: 24 jun. 2011.
14. FERREIRA, José Vicente Rodrigues. **Análise de ciclo de vida de produtos**. Viseu - Portugal: Instituto Politécnico de Viseu, 2004. 80 p.

15. SENAI, FIERGS -. **Cases CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas.** Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl/>>. Acesso em: 15 dez. 2011.
16. FIGUEIREDO, Veruschka Franca de. **Produção mais limpa nas pequenas e micro empresas: elementos inibidores.** In: ENCONTRO NAC. DE ENG. DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2004\\_Enesep1002\\_1745.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2004_Enesep1002_1745.pdf)>. Acesso em 25 de junho de 2011.
17. FURB. **Energia Elétrica em Blumenau.** Disponível em: <<http://campeche.inf.furb.br/obeb/Geografia/19.2.0.>>. Acesso em: 02 fev. 2011.
18. GOLDEMBERG, JOSÉ et BARBOSA, L.M. **A legislação ambiental no Brasil e em São Paulo** In: Revista Eco 21, Ano XIV, Edição 96, Novembro 2004. Disponível em <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/gestao/artigos/a\\_legislacao\\_ambiental\\_no\\_brasil\\_e\\_em\\_sao\\_paulo.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/gestao/artigos/a_legislacao_ambiental_no_brasil_e_em_sao_paulo.html)>. Acesso em: 24 jun. 2011.
19. HENKELS, Carina. **A identificação de aspectos e impactos ambientais: proposta de um método de aplicação.** 2011. 135 p. Dissertação (Mestrado) - UFSC, Florianópolis, 2002.
20. INSTITUTO AKATU. **Responsabilidade Social das Empresas - Percepção do Consumidor Brasileiro.** São Paulo, 2010.
21. LIMA, J. C. F.. **Abordagens Industriais Ambientais: solucionar problemas de poluição ou buscar sustentabilidade ambiental?** 2008. Dissertação (Mestrado) - Unicamp, Campinas, 2008. Disponível em: <[www.lapa.ufscar.br/bdgaam/gestao\\_ambiental/Empresarial/Lima.pdf](http://www.lapa.ufscar.br/bdgaam/gestao_ambiental/Empresarial/Lima.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2011.
22. LIMA, J. C. F.; RUTKOWSKI, E. W. **Evolução das Abordagens Industriais Ambientais.** Campinas: Unicamp, 2009. Disponível em <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/5b/2/>>

J.%20C.%20F.%20Lima%20-%20Resumo%20Exp.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2011.

23. LINS, H.N. **Arranjo produtivo têxtil-vestuarista da Região do Vale do Itajaí**. In: Programa Estratégico de Desenvolvimento com Base na Inovação: Relatório Geral. Florianópolis: FSC/PPGE/NEITEC, 2005.

24. LUCENA, L. F. L. **A análise multicriterial na avaliação de impactos ambientais**. In.: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 3., 1999, Recife. Anais... Recife: SBEE, 1999.

25. MELLO, Maria Celina Abreu de; NASCIMENTO, Luiz Felipe. **Produção mais limpa: um impulso para a inovação e a obtenção de vantagens competitivas**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Curitiba, outubro, 2002. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR100\\_0846.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR100_0846.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2011.

26. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano nacional de ação para a produção e consumo sustentável** - Fase 1. Brasília, Out 2007. Disponível em <[http://www.redpys.net/MD\\_upload/redpys\\_net/File/Políticas\\_y\\_herramientas/bra\\_planport.pdf](http://www.redpys.net/MD_upload/redpys_net/File/Políticas_y_herramientas/bra_planport.pdf)>. Acesso em 07/05/2011.

27. MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNP, 1997.

28. NIEMINEN-KALLIALA, Eija. **Environmental indicators of textile products for iso (type iii) environmental product declaration**. Tampere, Finland: Autex Research Journal, Vol. 3, No4, 2003.

29. PACHECO, Ana Paula Reusing et al. **O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: uma abordagem sistêmica**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www.issbrasil.usp.br/pdfs2/ana.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2011.

30. PEREIRA, Severino Joaquim Nunes; AYROSA, Eduardo André Teixeira. **Atitudes relativas a marcas e argumentos ecológicos: um estudo experimental.** Revista Eletrônica de Gestão Organizacional, [s.l.], maio/ago. 2004. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/gestaoorg/index.php/gestao/article/download/67/57>>. Acesso em: 15 maio 2011.
31. PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P.. **Implementação da Produção mais Limpa em uma Indústria Têxtil: Vantagens Econômicas e Ambientais.** In: INTERNATIONAL WORKSHOP | ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 3rd., 2011, São Paulo. Natal-RN: UFRN, 2007.
32. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE - UNEP . **Unep International Declaration on Cleaner Production.** Disponível em: <<http://www.unep.org/ourplanet/imgversn/104/declare.html>>. Acesso em: 26 jun. 2011.
33. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **¿Qué es consumo y producción sustentables?: Consumo y Producción Sostenibles (CPS).** Disponível em: <<http://www.redpys.net/?item=marrakech&idart=59&lang=1>>. Acesso em: 24 jun. 2011.
34. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future: The Concept of Sustainable Development.** Disponível em: <<http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I>>. Acesso em: 25 jun. 2011.
35. RAMOS, Fabrícia Maribondo da Silva. **Tratamento de resíduos sólidos da indústria têxtil.** Dissertação (Doutorado) - UEM: Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Maringá-PR, 2009.
36. REZENDE, Amaury José; NAKAO, Silvio Hiroshi; RIBEIRO, Maisa de Souza. **Mensuração de benefícios e impactos ambientais: uma aplicação no setor saneamento brasileiro.** In:

CSEAR CONFERENCE - SOUTH AMERICA, 2., 2011, Ribeirão Preto - SP São Paulo: FEA-RP/USP.

37. RENSI, Francini; SCHENINI, Pedro Carlos. **Produção mais limpa**. Florianópolis - SC: UFSC, 2005. Disponível em: <<http://stat.cienciasadministracao.periodicos.ufsc.br/index.php/adm/artic le/download/1728/1450>>. Acesso em: 26 jun. 2011.

38. ROSA, Andreza Mirella et al. **Responsabilidade soci-oambiental**. Lins: Unisalesiano, 2009. 19 p. Disponível em: <<http://200.159.127.206/encontro2009/trabalho/aceitos/CC3022026080 0.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2011.

39. ROSSI, M. T. B.; BARATA, M. M. L.. **Barreiras à Implementação de Produção Mais Limpa Como Prática de Ecoeficiência em Pequenas e Médias Empresas no Estado do Rio de Janeiro**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2, 2009, São Paulo. Disponível em <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/1/ M.%20T.%20B.%20Rossi%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em 25 de junho de 2011.

40. SEBRAE. **Critérios e conceitos para classificação de empresas**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/uf/goias/indicadores-das-mpe/classificacao-empresarial>>. Acesso em: 01 fev. 2012.

41. SILVA FILHO, Julio Cesar Gomes da et al. **Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua**. São Paulo, v. 17, n. 1, Abril. 2007. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132007000100008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000100008&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 26 de Junho de 2011.

42. SILVA FILHO, Julio Cesar Gomes da; SICSÚ, Abraham Benzaquem. **Produção Mais Limpa: uma ferramenta da Gestão Ambiental aplicada às empresas nacionais**. In: ENCONTRO NAC. DE ENG. DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto - Mg. UFPE, 2003. Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2003\\_TR1005\\_0001.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2003_TR1005_0001.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2011.

43. SOARES, Sebastião Roberto. **Gestão ambiental: Bases para planejamento e gestão ambiental**. Florianópolis - Sc: Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental - UFSC, 2010. 184 p.

44. SPATH, Pamela L.; MAN, Margaret K.; KER, Dawn R. **Life Cycle Assessment of Coal-fired Power Production**. National Renewable Energy Laboratory. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy99osti/25119.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2012.

45. STEEL ON THE NET. **Steelmaking Commodity Prices**: World steel raw materials & energy prices. Disponível em: <[http://www.steelonthenet.com/commodity\\_prices.html](http://www.steelonthenet.com/commodity_prices.html)>. Acesso em: 30 nov. 2011.

46. VOLPON, Claudia Torres; MACEDO-SOARES, T. Diana L. v. A. de. **Alinhamento estratégico da responsabilidade socioambiental corporativa em empresas que atuam em redes de relacionamento: resultados de pesquisa na Petrobrás**. Rev. Adm. Pública, Rio de Janeiro, v. 41, n. 3, Junho de 2007 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-76122007000300002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122007000300002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 26.junho. 2011.

47. WUPPERTAL INSTITUTE. **MIPS Online**. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. Disponível em: <[http://www.wupperinst.org/en/projects/topics\\_online/mips/index.html](http://www.wupperinst.org/en/projects/topics_online/mips/index.html)> . Acesso em: 15 dez. 2011.



## ANEXO I – Inventário de ciclo de vida de produtos têxteis (Nieminen-Kalliala, 2003)

PRODUCTS	UNIT	BLUE OVERALL 100% CO	GREY OVERALL 70/30 PES/CO	PRINTED KNITWEAR 100% CO	DYED KNITWEAR 50/50 PES/CO	KNITWEAR 80/20 PES/WO	BROWN WOMEN'S TIGHTS PA/ELA- STAN
Weight	g/m2	290	230				
FIBRE PRODUCTION*							
Energy cons.	MJ/kg	49	77 + 15	49	55 + 25	87 + NK	NK
Resource cons.: Renewability	l/kg	100%	30%	100%	50%	20%	0%
Water		7000-29000	2000-8700	7000-29000	3500-14500	NK	NK
Use of hazardous subst.		X	X	X	X	X	X
PROCESSING							
Energy cons.	MJ/kg	36	36	63 - 80	60 - 70	20	NK
Chemical cons.: Chemicals Desizing PH regulator Dyes (fixation rate %) Finishing Flame retardants Water repellents	g/kg	256 NK NK 40.5 (95) 20 328	115 NK NK 39 (90-97) 6 38	431   30 (NK)	120 - 950   16 - 103(50- 90)	190 - 690   7 (81-99)	52   NK
Water cons.	l/kg	30.5	30.5	69 - 178	136 - 174	144	16 (WET PR.)
Wastewater **							NK
- Solids		2 - 88	2 - 88	1.3 - 13	2.6 - 13	1 - 11	
- COD		34 - 61	34 - 61	52 - 231	102 - 226	98 - 360	
- BOD		6 - 21	6 - 21	14 - 55	29 - 54	14 - 89	
- Tot-N		0.8 - 2	0.8 - 2	3.2 - 18	6.3 - 17	1.6 - 6	
- Tot-P		0.1 - 0.8	0.1 - 0.8	0.3 - 1	0.7 - 1	0.2 - 1.4	
- TOC		16 - 17	16 - 17	20 - 70	41 - 70	29 - 122	
- AOX		0.008 - 0.02	0.008 - 0.02	0.03 - 0.5	0.07 - 0.5	0.0005 - 0.001	
- Heavy metals		0.05 - 0.2	0.05 - 0.2	0.01 - 0.05	0.02 - 0.05	0.17 - 4.5	
- Toxicity							
- 24hEC50(%)		4.2 - 21	4.2 - 21	10 - 17	10 - 17	0.8 - 17	
- 48hEH50(%)		3.8 - 14	3.8 - 14	8 - 13	8 - 13	0.1 - 14	
Emissions to air *				NK	NK	NK	NK
VOC	g/kg	130.2	130.2				
Particles	g/kg	7.9	7.9				

NK = not known / non-available

\* emissions from energy production not included,

\*\* wastewater analyses based on total production of the plant – not on separate product related processes.